



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 54 897 A 1

21 Aktenzeichen: 199 54 897.8
22 Anmeldetag: 15. 11. 1999
43 Offenlegungstag: 26. 7. 2001

51 Int. Cl.⁷:
H 04 B 1/69
H 04 B 1/707
H 04 L 27/26
H 04 B 7/216

DE 199 54 897 A 1

71 Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

74 Vertreter:
Patentanwälte Dr. Graf Lambsdorff & Dr. Lange,
81673 München

72 Erfinder:
Neubauer, André, Dr., 47807 Krefeld, DE; Kranz,
Christian, Dr., 40885 Ratingen, DE

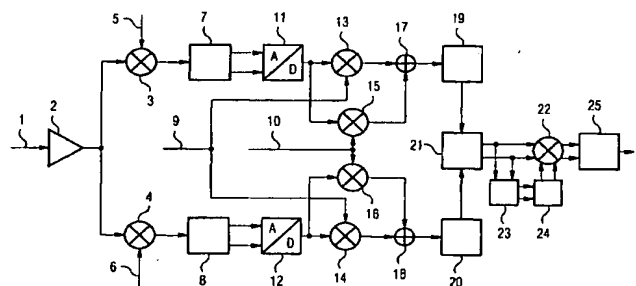
56 Entgegenhaltungen:
DE 195 33 382 C1
DE 42 90 412 C2
DE 41 34 564 C2
DE 40 26 878 A1
DE 691 23 942 T2
US 55 92 506

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Verwendung eines auf Frequenzmodulation basierenden Transceivers für mit einem Spreizspektrumverfahren kodierte Signale

57 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Verwendung eines auf Frequenzmodulation basierenden Transceivers für mit einem Spreizspektrumverfahren kodierte Signale, wobei der Transceiver frequenzmodulierte Signale sendet und empfängt und die Signale eine Vielzahl von Daten mit einer ersten Datenrate von $1/T_{\text{Bit}}$ aufweisen, wobei jedes Datum ein Datensymbol aus einer Vielzahl von M-wertigen ersten Datensymbolen, die jeweils eine Dauer von T_{Bit} aufweisen, darstellt, ordnet jedem der M-wertigen ersten Datensymbole jeweils eine Folge von L zweiten Datensymbolen $c_{n,v}$ bzw. $1 - c_{n,v}$ zu, wobei die Folgen von L zweiten Datensymbolen für das Spreizspektrumverfahren benutzten Chipsequenzen entsprechen und jede der Chipsequenzen ein Datensymbol aus einer Vielzahl von N-wertigen dritten Datensymbolen d_n mit einer Dauer von T_{Bit} darstellt.



DE 199 54 897 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verwendung eines auf Frequenzmodulation basierenden Transceivers für mit einem Spreizspektrumverfahren kodierte Signale, insbesondere für mit dem Direct-Sequence-CDMA-Verfahren kodierte Signale, nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Für den Einsatz im industriellen, medizinischen oder wissenschaftlichen Sektor ist weltweit das ISM-Frequenzband (Industrial-Scientific-Medical) bei 2,4 GHz verfügbar. Auf dieses Frequenzband kann unter Einhaltung der von der FCC (Federal-Communications-Commission) herausgegebenen Richtlinien mittels der Spreizspektrumtechnik (Spread-Spectrum-Technology) zugegriffen werden. Beispielsweise können dabei Schnurlos-Telefone oder auf Funkübertragung basierende Telekommunikationssysteme zur Übertragung von Meßwerten unter Nutzung des ISM-Frequenzbandes realisiert werden.

Vorwiegend wird für Systeme, die das ISM-Frequenzband nutzen, DS-CDMA (Direct-Sequence-Code Division Multiple Access) oder FH-CDMA (Frequency-Hopping-Code Division Multiple Access) als Zugriffsverfahren auf den Funkkanal verwendet. Als Modulationsverfahren wird üblicherweise bei Systemen mit DS-CDMA die PSK-Modulation (Phase-Shift-Keying-Modulation) und bei Systemen mit FH-CDMA die FSK-Modulation (Frequency-Shift-Keying-Modulation) eingesetzt.

In vielen bereits auf dem Markt befindlichen schnurlosen Telekommunikationssystemen wie beispielsweise DECT (Digital Enhanced Cordless Communication), WDC (Worldwide Digital Cordless Communication) oder bei Bluetooth-Systemen kommen dagegen Transceiver (Sender/Empfänger), die auf der GFSK-Modulation (Gaussian-Frequency-Shift-Keying) basieren, zum Einsatz. Die GFSK-Modulation ist eine besondere Form der FSK-Modulation, bei der ein Gaußscher Tiefpaß mit einem vorgegebenen Bandbreite-Symboldauer-Produkt BT, beispielsweise von 0,5, zur Basisbandvorfilterung eingesetzt wird. Mit GFSK modulierte Signale weisen eine konstante Einhüllende auf, wodurch vorteilhafterweise einfache Sendeverstärker benutzt werden können. Allerdings eignen sich solche Telekommunikationssysteme beispielsweise nicht für das DS-CDMA-Zugriffsverfahren aufgrund des dafür erforderlichen PSK-Modulationsverfahrens. Demnach muß bei solchen Telekommunikationssystemen zur Verwendung des DS-CDMA-Zugriffsverfahrens ein für das PSK-Modulationsverfahren geeigneter Transceiver, der wiederum nicht für die FSK-Modulation geeignet ist, eingesetzt werden.

Für die vorliegenden Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, ein Verfahren zu schaffen, das die Anwendung eines für das GFSK-Modulationsverfahren ausgelegten Transceivers für das DS-CDMA-Zugriffsverfahren ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst. Weitergehende Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Verwendung eines auf Frequenzmodulation basierenden Transceivers für mit einem Spreizspektrumverfahren kodierte Signale, wobei der Transceiver frequenzmodulierte Signale sendet und empfängt und die Signale eine Vielzahl von Daten mit einer ersten Datenrate von $1/T_{\text{Bit}}$ aufweisen, wobei jedes Datum ein Datensymbol aus einer Vielzahl von M-wertigen ersten Datensymbolen, die jeweils eine Dauer von T_{Bit} aufweisen, darstellt, ordnet jedem der M-wertigen ersten Datensymbole jeweils eine Folge von L zweiten Datensymbolen $c_{n,v}$ bzw. $1-c_{n,v}$ zu, wobei die Folgen von L zweiten Datensymbolen

für das Spreizspektrumverfahren benutzten Chipsequenzen entsprechen und jede der Chipsequenzen ein Datensymbol aus einer Vielzahl von N-wertigen dritten Datensymbolen d_n mit einer Dauer von T_{Bit} darstellt.

Die zugrundeliegende Idee des Verfahrens besteht in einer Kodierung der für das Spreizspektrumverfahren benutzten Chipsequenzen durch erste Datensymbole, die mittels Frequenzmodulation übertragen werden. Jede Chipsequenz stellt wiederum ein Datensymbol aus einer Vielzahl von dritten Datensymbolen dar, den eigentlichen mit einem Spreizspektrumverfahren zu übertragenden Daten. Dadurch kann der Transceiver, der für das Senden und Empfangen frequenzmodulierter Signale konzipiert ist, ohne schaltungstechnische Veränderungen für mit einem Spreizspektrumverfahren kodierte Signale eingesetzt werden. Solche Transceiver werden beispielsweise bei DECT-, WDC-, SWAP- oder Bluetooth-Systemen eingesetzt. Allerdings muß dabei eine Reduzierung der zur Verfügung stehenden Übertragungsrate um den Faktor L in Kauf genommen werden, da die Dauer einer Chipsequenz $L \cdot T_{\text{Bit}}$ beträgt und durch eine Chipsequenz genau ein drittes Datensymbol der Dauer T_{Bit} kodiert ist. Durch die reduzierte Datenrate eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere für Schnurlos-Telefone mit einer TDD (Time-Division-Duplex)-Sprachverbindung oder zur Übertragung von Meßwerten mit geringer Datenrate.

Vorzugsweise sendet und empfängt der Transceiver Signale, die mit dem Gaussian-Frequency-Shift-Keying-Modulationsverfahren moduliert sind. Dieses Modulationsverfahren wird beispielsweise bei schnurlosen Telefonen nach dem DECT-Standard eingesetzt und ist daher weitverbreitet und mit billigen Sende-Empfangsstufen ausführbar.

Die ersten Datensymbole sind bevorzugt binäre bzw. zweiwertige Datensymbole, wodurch sich sehr einfach digitale Informationen übertragen lassen. Aus demselben Grund sind auch die zweiten und dritten Datensymbole bevorzugt binäre bzw. zweiwertige Datensymbole.

Die mit einem Spreizspektrumverfahren kodierten Signale sind vorzugsweise mit dem Direct-Sequence-CDMA-Verfahren kodiert. Dadurch kann ohne großen Aufwand ein nach dem GFSK-Verfahren arbeitender Transceiver eingesetzt werden.

In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist der Transceiver für Frequency-Hopping geeignet und die mit einem Spreizspektrumverfahren kodierten Signale sind mit dem Frequency-Hopping-CDMA-Verfahren (FH-CDMA) kodiert. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, das Verfahren sowohl für DS-CDMA als auch für FH-CDMA-kodierte Signale anzuwenden. Ein solcher Transceiver wird dann entsprechend der Kodierung der zu sendenden und der empfangenen Signale umgeschaltet.

Vorzugsweise sendet und empfängt der Transceiver Signale in den ISM-Frequenzbändern (ISM-Band: Industrial-Scientific-Medical-Band) Als Beispiel sei hier das 2,4 GHz Frequenzband genannt, das von der Federal-Communications-Commission für den Gebrauch in Industrie, Wissenschaft und Medizin freigegeben ist und beispielsweise zur Übertragung von Meßwerten über Funk genutzt werden kann.

Beispielsweise kann für das erfindungsgemäße Verfahren ein Sender aus einem DECT- oder WDC-System, der nach dem Open-Loop-Prinzip arbeitet, eingesetzt werden. Alternativ können aber auch nach dem Closed-Loop-Prinzip arbeitende Sender wie beispielsweise ein $\Sigma\Delta$ -modulierter fractional-N PLL-Frequenz-Synthesizer eingesetzt werden.

Weitere Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens in Ver-

bindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 den Aufbau eines Empfängers eines Transceivers zur Verwendung für das erfindungsgemäße Verfahren.

Der in **Fig. 1** dargestellte Empfänger verstärkt ein hochfrequentes Empfangssignal **1** mit einem rauscharmen Verstärker **2** (LNA: Low-Noise-Amplifier) und führt die I- und Q-Komponente des verstärkten Empfangssignales einem ersten Multiplizierer **3** bzw. einem zweiten Multiplizierer **4** zu. Der erste Multiplizierer **3** multipliziert das zugeführte Signal (I-Komponente) mit einer Trägerfrequenz **5**, um aus dem Empfangssignal **1** das Basisbandempfangssignal zu erhalten. Analog multipliziert der zweite Multiplizierer **4** das zugeführte Signal (Q-Komponente) mit einer Trägerfrequenz **6**, um ebenfalls aus dem Empfangssignal **1** das Basisbandempfangssignal zu erhalten.

Die so auf die Basisbandempfangssignale "heruntergemischten" Empfangssignalkomponenten werden jeweils einem ersten Antialiasing-Filter **7** und einem zweiten Antialiasing-Filter **8** zugeführt, um für eine Digitalisierung der Basisbandempfangssignale das Shannonsche Abtasttheorem zu erfüllen.

Durch einen ersten Analog-Digital-Umsetzer **11** und einen zweiten Analog-Digital-Umsetzer **12** werden die tiefpaßgefilterten Signale digitalisiert, in ihrer Frequenz verschoben, gefiltert und einem differentiellen Demodulator zugeführt. Alternativ kann anstelle eines differentiellen Demodulators auch ein in DECT- oder WDCT-Systemen eingesetzter analoger FM-Demodulator nach dem Limiter-Diskriminator-Prinzip eingesetzt werden. Dabei ist allerdings aufgrund der Nichtlinearitäten des analogen FM-Demodulators mit Einbußen bei der Störsignalunterdrückung zu rechnen.

Der Frequenzumsetzer weist einen dritten bis sechsten Multiplizierer **13** bis **16** und einen ersten **17** und zweiten **18** Addierer auf. Der dritte Multiplizierer **13** und der vierte Multiplizierer **14** multiplizieren das zugeführte digitalisierte Signal mit einem ersten Steuersignal **9**, parallel dazu multiplizieren der fünfte Multiplizierer **15** und der sechste Multiplizierer **16** das zugeführte digitalisierte Signal mit einem zweiten Steuersignal **10**. Das erste Steuersignal **9** und das zweite Steuersignal **10** entsprechen den beiden bei der Modulation des dem Empfangssignal zugrunde liegenden Sendesignals in einem Sender Signalkomponenten, die zur Erzeugung des binären Sendesignals verwendet werden. Das Ausgangssignal des dritten Multiplizierers **13** und des fünften Multiplizierers **15** bzw. das Ausgangssignal des vierten Multiplizierers **14** und des sechsten Multiplizierers **16** wird durch einen ersten Addierer **17** bzw. durch einen zweiten Addierer **18** addiert und einem ersten Filter **19** bzw. einem zweiten Filter **20** zugeführt.

Das erste Filter **19** und das zweite Filter **20** filtern die demodulierten Signale und führen diese einer Nachverarbeitungseinrichtung **21** zu, die die beiden Signale normiert und zusammenführt. Das Ausgangssignal der Nachverarbeitungseinrichtung **21** wird einem differentiellen Demodulator bestehend aus einem Multiplizierer **22** und einem parallelen dazu angeordneten Verzögerungsglied **23** sowie einem nachgeschalteten Element **24** zur Bildung des Konjugiert-Komplexen zugeführt. Das Ausgangssignal des Quadrierers **24** wird ebenfalls dem Multiplizierer **22** zugeführt und mit dem Ausgangssignal der Nachverarbeitungseinrichtung **21** multipliziert. Das Ausgangssignal des siebten Multiplizierers **22** wird einem Imaginärteilerzeuger **5** zugeführt, der aus dem zugeführten Signal den Imaginärteil filtert.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren an einem einfachen Ausführungsbeispiel erläutert:

Binäre Datensymbole $d_n \in \{0, 1\}$ werden bei DS-CDMA mittels Chipsequenzen $\langle c_{n,0}, \dots, c_{n,L-1} \rangle$ mit Chips $c_{n,v} \in$

$\{0, 1\}$ kodiert. Die Chipsequenzen weisen dabei eine Länge L auf. Das binäre Datenbit $d_n = 1$ wird durch Aussenden einer Chipsequenz $\langle c_{n,0}, \dots, c_{n,L-1} \rangle$ und das binäre Datenbit $d_n = 0$ durch Aussenden der invertierten Chipsequenz $\langle 1-c_{n,0}, \dots, 1-c_{n,L-1} \rangle$ übertragen. Die Verwendung solcher Chipsequenzen in schnurlosen Telekommunikationssystemen innerhalb des ISM-Frequenzbandes dient zur Unterdrückung schmalbandiger Störsignale, die bei dem breitbandigen CDMA-Verfahren weniger störenden Einfluß als bei einem schmalbandigen Zugriffsverfahren wie F/TDMA (Frequency/Time-Division-Multiple-Access) haben. Von der FCC ist ein Mindest-Verarbeitungsgewinn (Processing Gain) zur Unterdrückung von Störsignalen definiert, der von Telekommunikationssystemen, die das ISM-Band nutzen, erfüllt werden muß, um mögliche Störsignale zu vermeiden bzw. zu unterdrücken. Unter Einhaltung dieses von der FCC vorgegebenen Mindest-Verarbeitungsgewinn können Transceiver für mit dem (G)FSK-Modulationsverfahren modulierte Signale für das DS-CDMA-Zugriffsverfahren angewandt werden.

Dazu werden lediglich die Bits d'_k eines mit (G)FSK modulierten Signals den Chips der obigen Chipsequenzen zugeordnet:

$d'_k = c_{n,v}$ für das binäre Datenbit $d_n = 1$ und $d'_k = 1-c_{n,v}$ für das binäre Datenbit $d_n = 0$. Damit entspricht die Bitrate T_{Bit} des mit (G)FSK modulierten Signals der Chip-Bitrate T_{Chip} . Durch diese einfache Abbildung kann ein DS-CDMA-Zugriffsverfahren realisiert werden. Das Bandbreite-Zeitdauer-Produkt BT des Gauß-Tiefpaßes des (G)FSK-Systems gilt damit ebenso für das DS-CDMA-System. Die sich ergebende Bitrate T_{Bit} des DS-CDMA-Systems entspricht einer um die Länge L der Chipsequenz reduzierten Bitrate T'_{Bit} des (G) FSK-Systems: $1/T_{\text{Bit}} = 1/(T'_{\text{Bit}} L)$.

Bei einer Hard-Decision erfolgt eine Detektion der Chips $c_{n,v}$ in einem Empfänger wie eine Detektion der Bits d'_k des mit (G)FSK modulierten Signals. Eine Entscheidung für das gesendete Bit $d_n = 1$ oder $d_n = 0$ erfolgt dabei im Empfänger durch einen Vergleich der empfangenen Chipsequenz mit den ungestörten Chipsequenzen $\langle c_{n,0}, \dots, c_{n,L-1} \rangle$ für das Bit $d_n = 1$ und $\langle 1-c_{n,0}, \dots, 1-c_{n,L-1} \rangle$ für das Bit $d_n = 0$. Alternativ kann auch eine Soft-Decision bei einem mit höherer Genauigkeit zur Verfügung stehenden Ausgangssignal des Demodulators erfolgen.

Bezugszeichenliste

- 1 Empfangssignal
- 2 rauscharmer Verstärker (LNA = Low-Noise-Amplifier)
- 3 Multiplizierer
- 4 Multiplizierer
- 5 Trägerfrequenz
- 6 Trägerfrequenz
- 7 Tiefpaßfilter bzw. Antialiasing-Filter
- 8 Tiefpaßfilter bzw. Antialiasing-Filter
- 9 Steuersignal
- 10 Steuersignal
- 11 Analog/Digital-Umsetzer
- 12 Analog/Digital-Umsetzer
- 13 Multiplizierer
- 14 Multiplizierer
- 15 Multiplizierer
- 16 Multiplizierer
- 17 Addierer
- 18 Addierer
- 19 Filter
- 20 Filter
- 21 Nachverarbeitungseinrichtung
- 22 Multiplizierer

23 Verzögerungsglied
 24 Quadrierer
 25 Imaginärteilerzeuger

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Verwendung eines auf Frequenzmodulation basierenden Transceivers für mit einem Spreizspektrumverfahren kodierte Signale, wobei der Transceiver frequenzmodulierte Signale sendet und empfängt und die Signale eine Vielzahl von Daten d_k mit einer ersten Datenrate von $1/T_{\text{Bit}}$ aufweisen, wobei jedes Datum ein Datensymbol aus einer Vielzahl von M-wertigen ersten Datensymbolen, die jeweils eine Dauer von T_{Bit} aufweisen, darstellt, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedem der M-wertigen ersten Datensymbole jeweils eine Folge von L zweiten Datensymbolen $c_{n,v}$ bzw. $1-c_{n,v}$ zugeordnet wird, wobei die Folgen von L zweiten Datensymbolen für das Spreizspektrumverfahren benutzten Chipsequenzen entsprechen und jede der Chipsequenzen ein Datensymbol aus einer Vielzahl von N-wertigen dritten Datensymbolen d_n mit einer Dauer von T_{Bit} darstellt. 10 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Transceiver mit dem Gaussian-Frequency-Shift-Keying-Modulationsverfahren modulierte Signale sendet und empfängt. 20 25
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Datensymbole binäre bzw. zweiwertige Datensymbole sind. 30
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten und dritten Datensymbole binäre bzw. zweiwertige Datensymbole sind. 35
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mit einem Spreizspektrumverfahren kodierten Signale mit dem Direct-Sequence-CDMA-Verfahren kodiert sind. 40
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Transceiver für Frequency-Hopping geeignet ist und die mit einem Spreizspektrumverfahren kodierten Signale mit dem Frequency-Hopping-CDMA-Verfahren kodiert sind. 45
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Transceiver Signale in einem Frequenzband von 2,4 GHz sendet und empfängt. 50

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -

